

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE****CERTIFICATE OF EXPRESS MAILING**

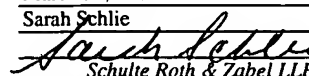
Serial No.: TBA  
Applicant: Rudolf Neumann et al.  
Filed: Herewith

Express Mail Label No. EV320045812US  
I hereby certify under 37 CFR 1.10 that this correspondence and enumerated documents are being deposited with the United States Postal Service as "Express Mail Post Office to Addressee" with sufficient postage on the date indicated above and is addressed to the **MAIL STOP PATENT APPLICATION**, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Date: March 31, 2004

Name: Sarah Schlie

Signature:

  
Schulte Roth & Zabel LLP

Title: METHOD AND APPARATUS FOR FILLING THE BEARING GAP OF A  
HYDRODYNAMIC BEARING WITH A LUBRICANT

Group Art Unit: TBA

Examiner: TBA

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**SUBMISSION OF CERTIFIED GERMAN PRIORITY DOCUMENT**  
**UNDER 35 U.S.C. §119(b)**

Sir:

As required by 35 U.S.C. §119(b), Applicants claim priority to the following documents:

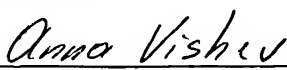
German Application No. 103 15 222.9, filed March 31, 2003; and

German Application No. 103 15 223.7, filed March 31, 2003.

Enclosed herewith are certified copies of the priority documents.

Respectfully submitted,

Schulte Roth & Zabel LLP  
Attorneys for Applicant  
919 Third Avenue  
New York, NY 10017  
(212)756-2000

By   
Anna Vishev, Esq.  
Reg. No. 45,018

Dated: March 31, 2004  
New York, New York

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 15 223.7

**Anmeldetag:** 31. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** Minebea Co., Ltd., 153 0064 Tokyo/Tokio/JP

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur Befüllung des  
Lagerspalts eines hydrodynamischen Lagers  
mit einem Schmiermittel

**IPC:** F 16 C, F 16 N

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 05. Februar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Anmelderin: Minebea Co., Ltd.  
18F Arco Tower  
1-8-1 Shimo-Meguro  
Meguro-ku  
Tokyo 153 0064  
JAPAN

## BESCHREIBUNG

5

Verfahren und Vorrichtung zur Befüllung des Lagerspalts  
eines hydrodynamischen Lagers mit einem Schmiermittel

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Befüllung des Lagerspalts eines hydrodynamischen Lagers mit einem Schmiermittel.

15

Hydrodynamische Lager, die auch als Fluidlager bezeichnet werden, werden beispielsweise zur Drehlagerung von Hochpräzisionsspindelmotoren eingesetzt, wie sie in Festplattenlaufwerken verwendet werden. Hydrodynamische Lager weisen im Vergleich zu Kugellagern eine hohe Laufgenauigkeit und Laufruhe bei sehr viel höherer Schockfestigkeit (Robustheit) auf. Sie arbeiten nahezu geräuschlos und verschleißfrei, da während des Betriebs mit Nenndrehzahl kein direkter Körperkontakt mit Festkörperreibung zwischen den relativ zueinander rotierenden Lagerteilen vorliegt. Zwischen der Welle und der Wellenaufnahme (Lagerhülse) befindet sich dabei eine dünne Schmiermittelschicht beispielsweise eines Schmieröls.

20

25

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Befüllung des Lagerspalts eines hydrodynamischen Lagers mit Schmiermittel bereitzustellen, mittels welchem bzw. welcher sich diese Befüllung des Lagerspalts auf reproduzierbare Weise durchführen läßt.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß Schmiermitteltropfen definiert erzeugt werden, ein definierter Bereich des zu befüllenden Lagers mit den Schmiermitteltropfen beaufschlagt wird, und daß die Schmiermitteltropfen gezählt werden.

5

Durch die erfindungsgemäße Lösung läßt sich eine hohe Reproduzierbarkeit hinsichtlich der Befüllung des Lagerspalts erreichen, da sich die Füllmenge in sehr engen Grenzen (nämlich tropfengenau) einstellen läßt. Die Füllmenge läßt sich mit hoher Reproduzierbarkeit einstellen, wobei der Befüllungsprozeß auf einfache Weise überwacht und dokumentiert werden kann. Das erfindungsgemäße Befüllungsverfahren läßt sich in einer einzigen Vorrichtung durchführen, so daß der Platzbedarf minimiert ist.

10

Durch das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich der Befüllungsgrad des Lagerspalts zu jedem Zeitpunkt ermitteln, da die Schmiermitteltropfen definiert erzeugt werden, ein definierter Bereich des zu befüllenden Lagers beaufschlagt wird und gleichzeitig die Anzahl der Tropfen gezählt wird. Es wird dabei indirekt die Schmiermittelmenge im Lagerspalt ermittelt, wobei es nicht notwendig ist, zur Ermittlung des Befüllungsgrads Messungen an dem Lagerspalt selber durchzuführen. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich dadurch auch zur Befüllung von Lagerspalten mit kleinem hydrodynamischen Durchmesser und für die Befüllung von Lagerspalten, welche durch eine Deckplatte abgedeckt sind, so daß beispielsweise auf optischem Wege keine Beobachtung dieser Lagerspalte möglich ist.

15

20

25

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich unter Vakuumbedingungen oder unter Atmosphärenbedingungen durchführen.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn der Befüllungsgrad des Lagerspalts über die Schmiermitteltropfenzählung ermittelt wird. Durch die definierte Erzeugung der Schmiermitteltropfen variiert das Volumen der Schmiermitteltropfen nur in relativ geringen Schwankungsbreiten. Durch die Zählung der Schmiermitteltropfen, die erzeugt werden bzw. den definierten Bereich des zu befüllenden Lagers erreichen, läßt sich dann zu jedem Zeitpunkt das Volumen des in den zu befüllenden Lagerspalt eingebrachten Schmiermittels errechnen und so der Befüllungsgrad ermitteln. Über Ermittlung des Befüllungsgrads läßt sich dann auch die Füllmenge definiert einstellen.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Schmiermitteltropfenerzeugung in einem Abstand zu dem beaufschlagten Bereich erfolgt. Dadurch lassen sich dann Schmiermitteltropfen gezielt auf diesen Beaufschlagungsbereich richten und gewissermaßen auf diesen Bereich "zuschießen". Es läßt sich dann erreichen, daß nur der definierte Bereich mit Schmiermitteltropfen in Kontakt kommt. Da hierbei kein Rückfluß von Schmiermittel von dem beaufschlagten Bereich beispielsweise zu einer Schmiermittelquelle erfolgt, ist eine Verunreinigung des Schmiermittels in der Schmiermittelquelle ausgeschlossen.

Insbesondere werden Schmiermitteltropfen von einem Schmiermitteltropfen-Generator in den beaufschlagten Bereich gerichtet. Es werden dann Schmiermitteltropfen in eine definierte Richtung insbesondere mit einer definierten Geschwindigkeit emittiert. Dadurch kann sichergestellt werden, daß Schmiermittel nur in den definierten Beaufschlagungsbereich des zu befüllenden Lagers gelangt, so daß eine Kontaminierung mit Schmiermittel sicher ausgeschlossen werden kann.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Da insbesondere keine Rückflußverbindung von dem beaufschlagten Bereich zu einer Schmiermittelquelle besteht, wird eine Verunreinigung der Schmiermittelquelle, die bei Vorhandensein einer solchen Rückflußverbindung erfolgen könnte, von vornherein ausgeschlossen.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn Schmiermitteltropfen mit einem definierten Tropfenvolumen erzeugt werden. Wenn Schmiermitteltropfen mit einer geringen Streubreite um ein mittleres Tropfenvolumen erzeugt werden, dann läßt sich über die Zählung der Schmiermitteltropfen, welche den beaufschlagten Bereich erreichen, zu jedem Zeitpunkt das Volumen des Schmiermittels bestimmen, welches in den Lagerspalt eingebracht wurde. Dadurch läßt sich wiederum zu jedem Zeitpunkt der Befüllungsgrad ermitteln. Insbesondere läßt sich dann der Befüllungsvorgang beenden, wenn eine vorgegebene Füllmenge erreicht ist. Der Lagerspalt läßt sich mit hoher Reproduzierbarkeit bis zu einer vorgegebenen Füllmenge befüllen, wobei sich der Befüllungsvorgang gleichzeitig überwachen und dokumentieren läßt.

Es kann vorgesehen sein, daß die Schmiermitteltropfen optisch gezählt werden, beispielsweise über eine Lichtschrankeneinrichtung.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Anzahl erzeugter Schmiermitteltropfen gezählt wird. Wenn sichergestellt ist, daß im wesentlichen alle erzeugten Schmiermitteltropfen den Beaufschlagungsbereich erreichen, dann ist dies ein Maß für das in den Lagerspalt eingebrachte Schmiermittelvolumen.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Es kann dabei vorgesehen sein, daß die Anzahl erzeugter Tropfen in einem Abstand zu dem Schmiermitteltropfen-Generator ermittelt wird, indem eine entsprechende Meßvorrichtung vor einer Düse des Schmiermitteltropfen-Generators angeordnet ist. Es ist aber auch alternativ oder zusätzlich möglich, die Anzahl der durch einen Schmiermitteltropfen-Generator erzeugten Schmiermitteltropfen über die Tropfenerzeugung zu ermitteln. Die Schmiermitteltropfenerzeugung wird beispielsweise über einen Piezoaktuator durch einen elektronischen Impuls ausgelöst. Wenn die elektronischen Impulse, welche die Schmiermitteltropfenerzeugung auslösen, gezählt werden, dann erhält man ein direktes Maß für die erzeugten Schmiermitteltropfen. Es läßt sich dadurch auf elektronische Weise die Anzahl der erzeugten Schmiermitteltropfen ermitteln.

Alternativ oder zusätzlich kann es auch vorgesehen sein, daß die Anzahl der den Beaufschlagungsbereich des zu befüllenden Lagers erreichenden Schmiermitteltropfen gezählt wird. Beispielsweise ist dazu eine Lichtschrankeinrichtung in der Nähe dieses Beaufschlagungsbereichs angeordnet. Dadurch läßt sich auf sehr direkte Weise die Anzahl der Schmiermitteltropfen ermitteln, welche den Beaufschlagungsbereich erreichen. Man erhält dadurch ein direktes Maß für das Schmiermittelvolumen, welches in den Lagerspalt eingebracht wurde.

Eine Schmiermitteltropfenzählung läßt sich auf einfache Weise erreichen, wenn diejenigen Schmiermitteltropfen gezählt werden, welche eine Meßstrecke durchfliegen. Über die Meßstrecke ist ein definierter Raumbereich festgelegt, welcher auf Schmiermitteldurchflug überwacht wird.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Insbesondere ist die Meßstrecke quer zu einer Flugrichtung der Schmiermitteltropfen ausgerichtet, so daß ein relativ großer Raumbereich bezüglich Schmiermitteltropfendurchflug überwachbar ist.

- 5 Beispielsweise wird die Meßstrecke über ein Sender-Empfänger-System definiert. Vorzugsweise ist der Sender eine Lichtquelle und der Empfänger ein Lichtdetektor. Wenn ein Schmiermitteltropfen dann die Meßstrecke durchtritt, ändert sich das Empfängersignal, wobei diese Signaländerung ein Detektionssignal für einen Schmiermitteltropfen ist.

10

Es kann vorgesehen sein, daß Schmiermitteltropfenerzeugung und Schmiermitteltropfenzählung miteinander korreliert werden. Dadurch läßt sich die Zählgengenauigkeit bei der Schmiermitteltropfenzählung erhöhen.

- 15 Insbesondere werden ein Schmiermitteltropfen-Generator und eine Zähleinrichtung für Schmiermitteltropfen miteinander gekoppelt. Die Charakteristika der elektronischen Signale, welche eine Schmiermitteltropfenerzeugung auslösen, werden auch an die Zähleinrichtung übertragen. Bei diesen Charakteristika handelt es sich insbesondere um die Impulsfolge und bei regelmäßigen
- 20 Signalen um die Frequenz. Auch die Signalhöhe, die ein Maß für das Volumen eines erzeugten Tropfens sein kann, kann übertragen werden. Über die Zähleinrichtung läßt sich dann auf einfache Weise der volumetrische Befüllungsgrad des Lagerspalts zu jedem Zeitpunkt bestimmen.

- 25 Es kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, daß der Beaufschlagungsbereich des zu befüllenden Lagers automatisch ermittelt wird. Es läßt sich dann erreichen, daß eine relative Ausrichtung zwischen dem zu befüllenden Lager und



A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

insbesondere dessen Beaufschlagungsbereich und dem Schmiermitteltropfen-Generator automatisch durchgeführt wird, so daß kein Benutzereingriff hier notwendig ist. Dadurch wiederum läßt sich eine definierte Richtung der emittierten Tropfen auf dem Beaufschlagungsbereich erreichen.

5

Insbesondere wird der Beaufschlagungsbereich auf optische Weise ermittelt, indem beispielsweise eine Digitalkamera auf den Beaufschlagungsbereich des zu befüllenden Lagers gerichtet wird und dann ein entsprechendes Signal an eine Steuerungseinrichtung weitergegeben wird, welche das zu befüllende Lager so positioniert, daß der Beaufschlagungsbereich und der Schmiermitteltropfen-Generator aufeinander ausgerichtet sind. Vorzugsweise wird der Beaufschlagungsbereich mittels Bildverarbeitung ermittelt.

10

Insbesondere werden der Schmiermitteltropfen-Generator und ein Beaufschlagungsbereich des zu befüllenden Lagers automatisch relativ zueinander ausgerichtet positioniert.

15

Die eingangs genannte Aufgabe wird bei einer Vorrichtung zur Schmiermittelbefüllung eines hydrodynamischen Lagers erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Schmiermitteltropfen-Generator zur definierten Erzeugung von Schmiermitteltropfen, eine Emissionseinrichtung für die Schmiermitteltropfen, mittels welcher ein definierter Bereich des zu befüllenden Lagers mit Schmiermitteltropfen beaufschlagbar ist, und eine Zähleinrichtung zur Zählung der Schmiermitteltropfen vorgesehen sind.

20

25

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Diese Vorrichtung ist geeignet zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie weist die bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschriebenen Vorteile auf.

- 5 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung wurden ebenfalls bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert.

10 Insbesondere umfaßt die Emissionseinrichtung eine Düse, über die Schmiermitteltropfen definiert gerichtet emittierbar sind.

Die Zähleinrichtung umfaßt vorteilhafterweise eine Lichtschrankeneinrichtung, mittels welcher die Anzahl der eine Meßstrecke durchfliegenden Schmiermitteltropfen ermittelbar ist. Über eine Lichtschrankeneinrichtung läßt sich  
15 mittels Sender und Empfänger eine Meßstrecke definieren, wobei ein Schmiermitteltropfendurchflug dieser Meßstrecke auf einfache Weise detektierbar ist.

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im  
20 Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Befüllung des Lagerspalts eines hydrodynamischen Lagers mit Schmiermittel;  
25

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Figur 2 eine perspektivische Schnittansicht einer Ausführungsform eines Dosierkopfes eines Schmiermitteltropfen-Generators und

5 Figur 3 eine schematische Teildarstellung eines Ausführungsbeispiels eines hydrodynamischen Lagers, welches mit dem erfindungsgemäßen Verfahren befüllbar ist.

10 Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Befüllung des Lagerspalts eines hydrodynamischen Lagers mit Schmiermittel, welche in Figur 1 als Ganzes mit 10 bezeichnet ist, umfaßt einen Halter 12, an welchem ein zu befüllendes Lager 14 fixierbar ist. Bei dem Halter 12 kann es sich beispielsweise um einen Schlitten handeln, der in einer Horizontalebene verschiebbar ist (angedeutet durch das Bezugszeichen 16) und in einer Vertikalebene verschiebbar ist (angedeutet durch das Bezugszeichen 18). Es kann auch vorgesehen sein, daß der Halter um eine Achse 20 drehbar ist.

Über eine entsprechend gesteuerte Bewegung des Halters 12 ist ein zu befüllendes Lager 14 relativ zu einer Emissionseinrichtung 22 für Schmiermitteltropfen positionierbar. Die Emissionseinrichtung 22 umfaßt einen Schmiermitteltropfen-Generator 24, mit dem ein definierter Bereich 26 (Figur 3) des zu befüllenden Lagers 14 mit Schmiermitteltropfen beaufschlagbar ist.

25 Durch die Beaufschlagung dieses Bereichs 26 läßt sich der Lagerspalt 28 zwischen Welle 30 und Wellenaufnahme 32 (Lagerhülse) mit Schmiermittel befüllen.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Beispielsweise wird ein Lager 14 über eine Seite der Wellenaufnahme 32 befüllt, welche einer Seite 34 gegenüberliegt, mit welcher das Lager 14 an dem Halter 12 positioniert ist. An dieser Seite 34 kann die Wellenaufnahme 32 über  
5 ein Widerlager 35 verschlossen sein.

Der Schmiermitteltropfen-Generator 24 (Tropfendispenser) umfaßt, wie beispielsweise in Figur 2 gezeigt, einen Dosierkopf 36 mit einer Düse 38. Durch diesen Dosierkopf 36 lassen sich gezielt Schmiermitteltropfen auf den Bereich 26  
10 des zu befüllenden Lagers 14 hin richten.

Bei einer Ausführungsform des Dosierkopfes 36 ist ein Piezoaktuator 40 vorgesehen, welcher in einem Gehäuse 42 angeordnet ist. Der Piezoaktuator 40 steht über eine Leitung 44 mit einer Schmiermittelquelle (in der Zeichnung  
15 nicht gezeigt) in fluidwirksamer Verbindung.

Die Düse 38 sitzt an einem Kapillarrohr 46 oder ist einstückig an diesem gebildet. In dem Kapillarrohr 46 kann sich Schmiermittel zur Ausbildung einer Flüssigkeitssäule ansammeln. Bei inaktivem Piezoaktuator 40 tritt keine  
20 Flüssigkeit aus der Düse 38 aus.

Bei Aktivierung des Piezoaktuators 40 erhält diese Flüssigkeitssäule des Schmiermittels einen mechanischen Impuls, welcher die Flüssigkeit beschleunigt. Dadurch kommt es an dem düsenseitigen Ende der Flüssigkeitssäule zu  
25 einer Abschnürung eines einzelnen Tropfens gegen die Oberflächenspannung und dieser Tropfen verläßt dann den Dosierkopf 36.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Es kann eine Düsenheizung 48 vorgesehen sein, mit der die Viskosität des Schmiermittels durch Erwärmung verringert werden kann, um so die Schmiermitteltropfenerzeugung beeinflussen zu können.

- 5 Über den Piezoaktuator 40 lassen sich definiert Schmiermitteltropfen erzeugen. Die Tropfenbildung läßt sich in weiten Bereichen beeinflussen, wobei eine Steuerung der Tropfenbildung bezüglich Tropfenmenge (volumetrische Steuerung) und zeitlicher und örtlicher Tropfenbeaufschlagung möglich ist. Emittierte Schmiermitteltropfen lassen sich mit hoher Reproduzierbarkeit in
- 10 einem gewünschten Beaufschlagungsbereich an dem zu befüllenden Lager 14 platzieren, so daß ein gezielter Befüllungsvorgang des Lagerspalts 28 ermöglicht wird.


- Insbesondere lassen sich Schmiermitteltropfen mit definiertem Volumen mit
- 15 hoher Reproduzierbarkeit erzeugen.

- Erfindungsgemäß ist eine Zähleinrichtung 50 zur Zählung der erzeugten Schmiermitteltropfen vorgesehen. Durch Zählung der Schmiermitteltropfen, welche in den Beaufschlagungsbereich 26 des zu befüllenden Lagers 14 gelangen, läßt sich zu jedem Zeitpunkt mit hoher Genauigkeit der Befüllungsgrad des Lagerspalts 28 während des Befüllungsvorgangs ermitteln. Der Befüllungsgrad wird dabei indirekt ermittelt, nämlich über Tropfenzählung bei bekanntem Tropfenvolumen. Dadurch muß zur Ermittlung des Befüllungsgrads nicht an dem Lagerspalt 28 selber gemessen werden. Das erfindungsgemäße
- 20
- 25 Verfahren eignet sich deshalb auch für die Befüllung sehr enger Lagerspalte (die Spaltbreiten bei hydrodynamischen Lagern, wie sie in Elektromotoren für

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201


Festplattenlaufwerke eingesetzt werden, liegen im Bereich einiger Mikrometer), wobei der Befüllungsgrad auch dann ermittelt werden kann, wenn während der Befüllung der Lagerspalt 28 durch eine Deckplatte 52 abgedeckt ist (Figur 3).

5



Erfindungsgemäß kann eine Zähleinrichtung vorgesehen sein, welche die Anzahl der erzeugten Schmiermitteltropfen zählt. Eine solche Zähleinrichtung weist beispielsweise eine Meßstrecke 54 auf, welche in der Nähe der Austrittsöffnung der Düse 38 angeordnet ist. Die Schmiermitteltropfen, welche die Meßstrecke 54 durchfliegen, werden gezählt. Dazu ist insbesondere eine Lichtschrankeneinrichtung 56 vorgesehen, welche einen Sender 58 und einen Empfänger 60 umfaßt. Der Sender 58 emittiert einen Lichtstrahl, welcher von dem Empfänger 60 empfangen wird. Der Lichtstrahl zwischen Sender 58 und Empfänger 60 definiert die Meßstrecke 54.

15



Wenn ein Schmiermitteltropfen den Lichtstrahl durchfliegt, dann ändert sich das vom Empfänger 60 empfangene Signal. Diese Signaländerung zeigt einen Tropfendurchflug an.

20 Die Flugrichtung der Schmiermitteltropfen durch die Meßstrecke 54 liegt quer zu dieser Meßstrecke 54.

Der Sender 58 und der Empfänger 60 der Lichtschrankeneinrichtung 56 sind so ausgebildet, daß Schmiermitteltropfen des relevanten Durchmesserbereiches detektierbar sind. Der typische Tropfendurchmesser für die Befüllung eines hydrodynamischen Lagers, welches zur Drehlagerung eines Spindelmotors in einem Festplattenlaufwerk vorgesehen ist, liegt dabei im Bereich

25

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

zwischen 50 µm und 150 µm. Ein typisches Schmiermittel ist Ester-Öl. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden Schmiermitteltropfen eines definierten Durchmessers mit geringer Schwankungsbreite um den mittleren Durchmesser erzeugt.

5

Alternativ oder zusätzlich kann eine Meßstrecke vorgesehen sein, welche in der Nähe des Beaufschlagungsbereichs 26 liegt. Über diese Meßstrecke, welche wiederum zwischen einem Sender und einem Empfänger gebildet ist, lassen sich die Schmiermitteltropfen zählen, welche den Beaufschlagungsbereich 26 erreichen.

10

Es kann eine Mehrzahl von beabstandeten Meßstrecken vorgesehen sein, über welche an einer Mehrzahl von Stellen des Flugwegs eine Tropfenzählung durchführbar ist. Insbesondere kann eine Meßstrecke in der Nähe des Düsen-

15 ausgangs vorgesehen sein, um die Anzahl der emittierten Schmiermitteltropfen zu ermitteln, und es kann eine weitere Meßstrecke vorgesehen sein, welche in der Nähe des Beaufschlagungsbereichs 26 angeordnet ist, um die Anzahl der diesen Bereich erreichenden Schmiermitteltropfen zu bestimmen.

15

20 Die Schmiermitteltropfen werden in dem Schmiermitteltropfen-Generator 24 mit einer bestimmten Frequenz erzeugt, welche beispielsweise in der Größenordnung von 4000 Hz liegt. Es kann dabei alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein, daß die Anzahl der erzeugten Schmiermitteltropfen direkt über die Ansteuerungsschaltung 62 des Piezoaktuator 40 ermittelt wird. Eine Akti-

25 vierung des Piezoaktuator 40 durch die Ansteuerungsschaltung 62 bedeutet jedes Mal die Erzeugung eines Schmiermitteltropfens, so daß eine Pulszählung

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

der Ansteuerungsschaltung 62 auch eine Tropfenzählung bezüglich der  
Schmiermitteltropfenerzeugung bedeutet.

Es kann dabei auch vorgesehen sein, daß über die Zähleinrichtung 50 eine  
5 Korrelation zwischen einem Empfängersignal eines Empfängers 60 und der  
Schmiermitteltropfenerzeugung durchgeführt wird. Dadurch lassen sich  
Schmiermitteltropfen, welche eine entsprechende Meßstrecke 54 durchqueren,  
besser detektieren, da sich das Durchfliegen der Meßstrecke 54 gewisser-  
maßen dem Empfänger 60 ankündigen läßt.

10

Es kann noch eine Digitalkamera 64 vorgesehen sein, über die eine automa-  
tische Positionierung des Halters 12 mit dem Lager 14 relativ zu dem Dosier-  
kopf 36 ermöglicht wird. Dazu wird die Kamera auf das zu befüllende Lager 14  
ausgerichtet. Die Digitalkamera 64 liefert ihre Signale an eine Steuereinrich-  
15 tung 66, welche die Bewegung des Halters 12 steuert. Der Halter 12 wird so  
lange verschoben und gegebenenfalls gedreht, bis der Dosierkopf 36 mit  
seiner Düse 38 auf den mit Schmiermitteltropfen zu beaufschlagenden Bereich  
26 ausgerichtet ist. Die Digitalkamera 64 dient insbesondere zur Erkennung  
dieses Bereichs 26, um dann die entsprechende automatische relative  
20 Positionierung zwischen Dosierkopf 36 und zu befüllendem Lager 14 durch-  
führen zu können.

Das erfindungsgemäße Verfahren funktioniert wie folgt:

25 Das zu befüllende Lager 14 wird mit seinem zu beaufschlagenden Bereich 26  
insbesondere automatisch bezüglich des Dosierkopfs 36 positioniert, so daß die  
emittierten Schmiermitteltropfen vollständig in den Bereich 26 gelangen.



A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Bei dem Bereich 26 kann es sich dabei beispielsweise um einen Eintrittsbereich einer zur Welle 30 beabstandeten durchgehenden kanalförmigen Ausnehmung in einer Deckelplatte 52 handeln. Diese Ausnehmung 68 ist mit einem Ausgleichsraum 70 verbunden, welcher oberhalb des Lagerspalts 28 liegt. Ein hydrodynamisches Lager mit einem solchen Ausgleichsvolumen ist in der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung Nr. 102 31 962.6 vom 15. Juli 2002 der gleichen Anmelderin beschrieben. Die Querschnittsbreite kann in der Größenordnung von 300  $\mu\text{m}$  liegen.

Da erfindungsgemäß Schmiermitteltropfen auch mit geringem Durchmesser (beispielsweise mit einer typischen Größenordnung von 75  $\mu\text{m}$ ) erzeugbar sind und auf den Bereich 26 gerichtet emittierbar sind, wobei im wesentlichen alle emittierten Tropfen den Bereich 26 erreichen, läßt sich der Lagerspalt 28 über die Ausnehmung 68 befüllen. Die Ausnehmung 68 kann dabei auch als Mikrokanal ausgebildet sein.

Über die Zähleinrichtung 50 ist dabei zu jedem Zeitpunkt die Anzahl der Tropfen bekannt, welche in den Bereich 26 gelangt sind. Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Tropfen definiert erzeugt werden, so daß ihr Volumen bekannt ist, ist zu jedem Zeitpunkt auch das über die Ausnehmung 68 in den Lagerspalt 28 eingebrachte Schmiermittelvolumen bekannt. Dadurch ist dann auch zu jedem Zeitpunkt der Befüllungsgrad des Lagerspalts 28 bekannt.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

Dieser Befüllungsgrad läßt sich dabei bei unterschiedlichen Arten der Ausbildung des Bereichs 26 ermitteln. In Figur 3 ist beispielhaft ein Ausführungsbeispiel eines hydrodynamischen Lagers mit abgedecktem Lagerspalt 28 gezeigt. Eine kanalförmige Ausnehmung 68 ist in der Deckplatte 52 gebildet.

Aber auch wenn der Lagerspalt 28 direkt befüllt wird, indem Schmiermitteltropfen in diesen gerichtet werden (gewissermaßen in diesen "geschossen" werden), dann läßt sich auf einfache Weise zu jedem Zeitpunkt der Befüllungsgrad des Lagerspalts 28 ermitteln.

Es ist keine nachträgliche Messung notwendig, um nach Beendigung des Befüllungsvorgangs den Befüllungsstand zu ermitteln.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung, durch die das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist, läßt sich eine hohe Reproduzierbarkeit für die Füllmenge an Schmiermittel erreichen. Gleichzeitig läßt sich der Befüllungsvorgang überwachen und dokumentieren. Die Befüllung des Lagers 14 läßt sich in einer einzigen Vorrichtung 10 durchführen, so daß der Raumbedarf minimiert ist.

Da die Schmiermitteltropfen gezielt auf den zu beaufschlagenden Bereich 26 richtbar sind, läßt sich der Aufwand für eine nachträgliche Reinigung des befüllten Lagers 14 und der Vorrichtung 10 von überschüssigem Schmiermittel gänzlich vermeiden oder zumindest minimieren.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

## BEZUGSZEICHENLISTE

10	Vorrichtung
12	Halter
14	Lager
16	Richtung
18	Richtung
20	Achse
22	Emissionseinrichtung
24	Schmiermitteltropfengenerator
26	Baufschlagungsbereich
28	Lagerspalt
30	Welle
32	Wellenaufnahme
34	Seite
35	Widerlager
36	Dosierkopf
38	Düse
40	Piezoaktuator
42	Gehäuse
44	Leitung
46	Kapillarrohr
48	Düsenheizung
50	Zähleinrichtung
52	Deckplatte

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

54	Meßstrecke
56	Lichtschränkeneinrichtung
58	Sender
60	Empfänger
62	Ansteuerungsschaltung
64	Kamera
66	Steuereinrichtung
68	Ausnehmung
70	Ausgleichsraum

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

## **A N S P R Ü C H E**

1. Verfahren zur Befüllung des Lagerspalts eines hydrodynamischen Lagers mit einem Schmiermittel, bei dem Schmiermitteltropfen definiert erzeugt werden, eine definierter Bereich des zu befüllenden Lagers mit den Schmiermitteltropfen beaufschlagt wird, und bei dem die Schmiermitteltropfen gezählt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Befüllungsgrad des Lagerspalts über die Schmiermitteltropfenzählung ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmiermitteltropfenerzeugung in einem Abstand zu dem beaufschlagten Bereich erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Schmiermitteltropfen von einem Schmiermitteltropfen-Generator in den beaufschlagten Bereich gerichtet werden.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß keine Rückflußverbindung von dem beaufschlagten Bereich zu einer Schmiermittelquelle besteht.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Schmiermitteltropfen mit einem definierten Tropfenvolumen erzeugt werden.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmiermitteltropfen optisch gezählt werden.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl erzeugter Schmiermitteltropfen gezählt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der durch einen Schmiermitteltropfen-Generator erzeugten Schmiermitteltropfen über die Tropfenerzeugung ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der den Beaufschlagungsbereich des zu befüllenden Lagers erreichenden Schmiermitteltropfen gezählt wird.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Schmiermitteltropfen gezählt werden, welche eine Meßstrecke durchfliegen.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßstrecke quer zu einer Flugrichtung der Schmiermitteltropfen ausgerichtet ist.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßstrecke über ein Sender-Empfänger-System definiert wird.
14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Schmiermitteltropfenerzeugung und Schmiermitteltropfenzählung miteinander korreliert werden.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schmiermitteltropfen-Generator und eine Zähleinrichtung für Schmiermitteltropfen miteinander gekoppelt werden.
16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Beaufschlagungsbereich des zu befüllenden Lagers automatisch ermittelt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Beaufschlagungsbereich auf optische Weise ermittelt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Beaufschlagungsbereich mittels Bildverarbeitung ermittelt wird.
19. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schmiermitteltropfen-Generatur und ein Beaufschlagungsbereich des zu befüllenden Lagers automatisch relativ zueinander ausgerichtet positioniert werden.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

20. Vorrichtung zur Schmiermittelbefüllung eines hydrodynamischen Lagers (14), umfassend einen Schmiermitteltropfen-Generator (24) zur definierten Erzeugung von Schmiermitteltropfen, eine Emissionseinrichtung (22) für die Schmiermitteltropfen, mittels welcher ein definierter Bereich (26) des zu befüllenden Lagers (14) mit Schmiermitteltropfen beaufschlagbar ist, und eine Zähleinrichtung (50) zur Zählung der Schmiermitteltropfen.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß über den Schmiermitteltropfen-Generator (24) Schmiermitteltropfen eines definierten Volumens erzeugbar sind.
22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Emissionseinrichtung (22) eine Düse (38) umfaßt.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Emissionseinrichtung (22) und das zu befüllende Lager (14) relativ zueinander automatisch positionierbar sind.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kamera (64) vorgesehen ist, über welche der Beaufschlagungsbereich (26) des zu befüllenden Lagers (14) detektierbar ist.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Zähleinrichtung (50) so angeordnet und ausgebildet ist, daß die Anzahl der emittierten Schmiermitteltropfen ermittelbar ist.




A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201


26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Zähl-einrichtung (50) an den Schmiermitteltropfen-Generator (24) gekoppelt ist.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 26, dadurch gekennzeich-net, daß die Zähleinrichtung (50) so angeordnet und ausgebildet ist, daß die Anzahl der den Beaufschlagungsbereich (26) des zu befüllenden Lagers (14) erreichenden Schmiermitteltropfen ermittelbar ist.
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 27, dadurch gekennzeich-net, daß eine Lichtschrankeneinrichtung (56) vorgesehen ist, mittels welcher die Anzahl der eine Meßstrecke (54) durchfliegenden Schmier-mitteltropfen ermittelbar ist.
29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß Tropfen-erzeugung durch den Schmiermitteltropfen-Generator (24) und Zählung mittels der Lichtschrankeneinrichtung (56) korreliert sind.

A 57 212 t  
31. März 2003  
t-241/201

## **ZUSAMMENFASSUNG**



Es wird ein Verfahren zur Befüllung des Lagerspalts eines hydrodynamischen Lagers mit einem Schmiermittel vorgeschlagen, bei dem Schmiermitteltropfen definiert erzeugt werden, ein definierter Bereich des zu befüllenden Lagers mit den Schmiermitteltropfen beaufschlagt wird, und bei dem die Schmiermitteltropfen gezählt werden.



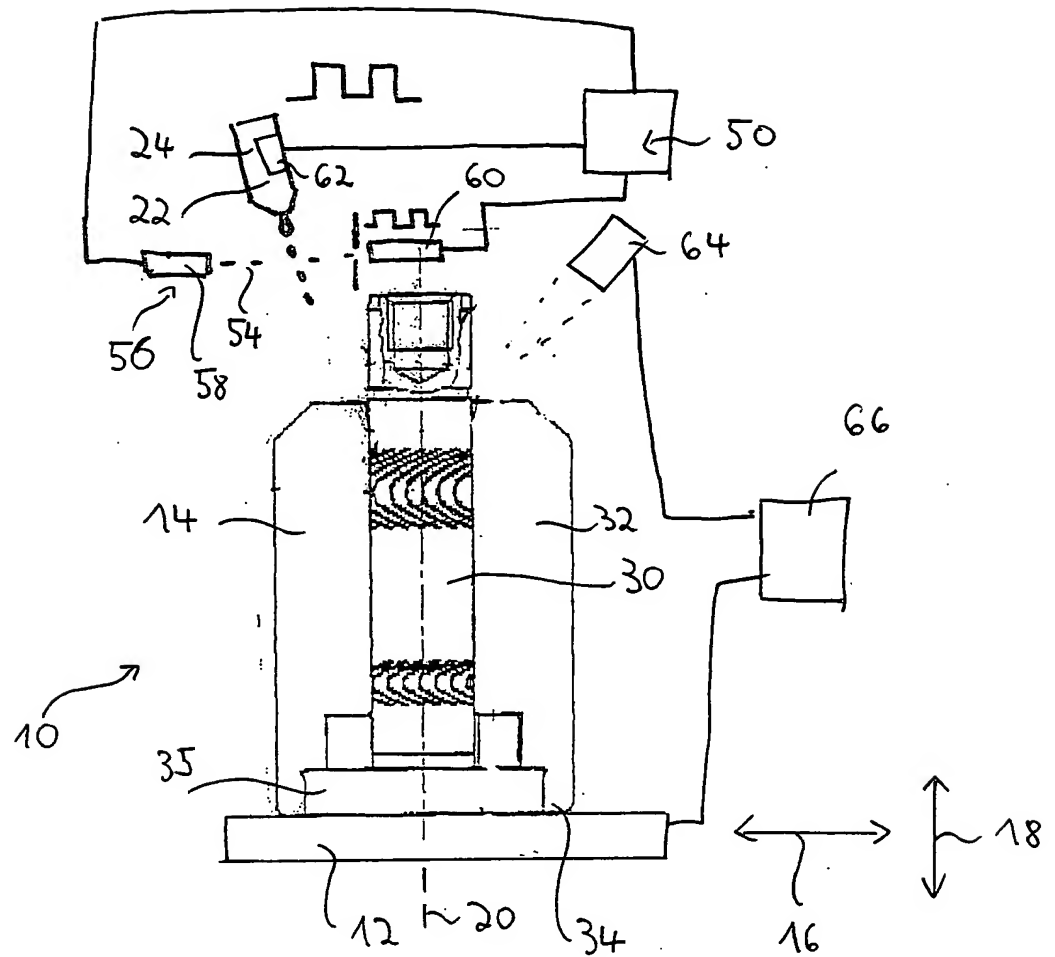


Fig. 1

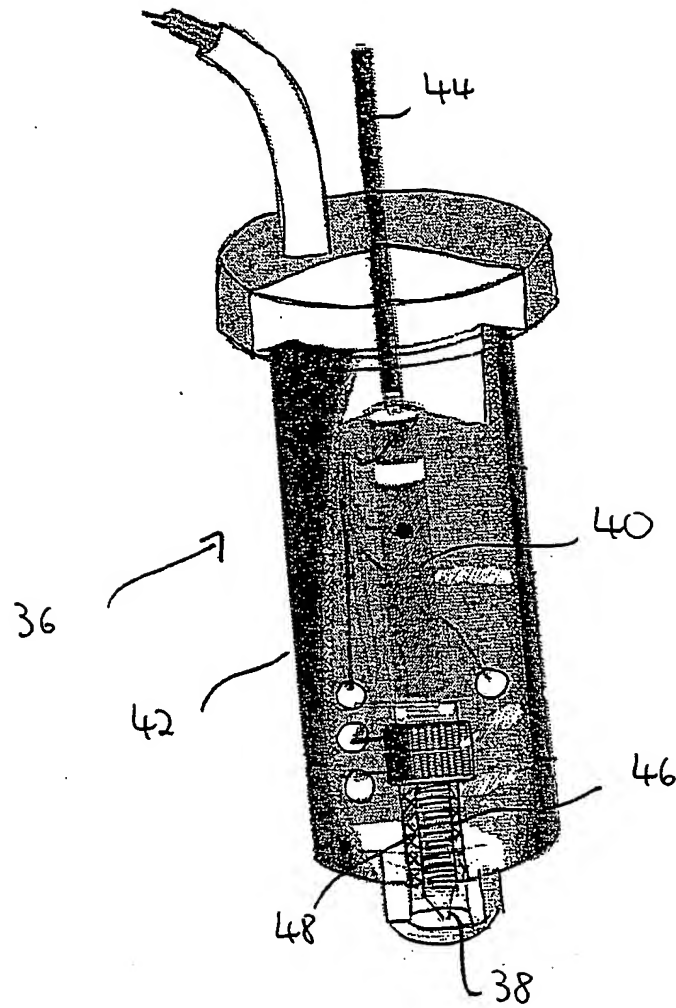


Fig. 2

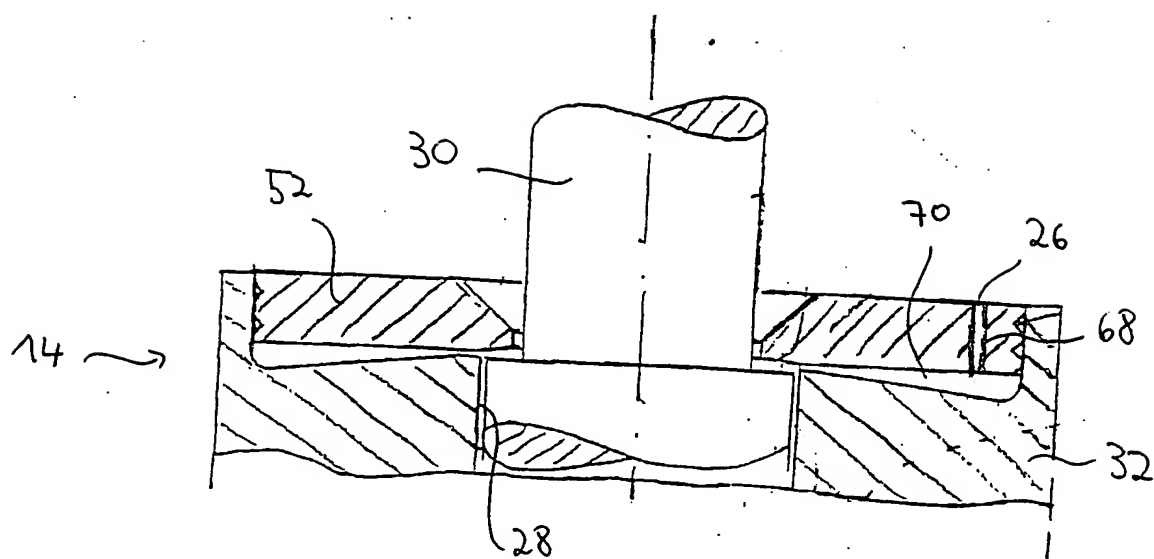


Fig. 3